

<응용논문>

DOI:10.3795/KSME-A.2010.34.7.943

자전거에서 서스펜션 종류에 따른 인체영향 시뮬레이션[§]

정경렬* · 형준호*[†] · 김사엽*

* 한국생산기술연구원 웰니스시스템개발단

Evaluation of Shock-Absorbing Performance of Three-Different Types of Bicycle Suspension Systems

Kyung-Ryul Chung*, Joon-Ho Hyeong*[†] Sa-Yup Kim*

* Wellness Technology Center, Korea Institute of Industrial Technology

(Received January 7, 2010 ; Revised May 3, 2010 ; Accepted May 11, 2010)

Key Words: Bicycle Suspension(자전거 완충장치), Human Vibration(인체 진동), Human Model Simulation (인체모델 시뮬레이션)

초록: 본 연구에서는 소형자전거의 핸들에 적용할 수 있는 전방 서스펜션을 제안하고 시뮬레이션을 통해 충격흡수 성능을 평가하였다. 서스펜션이 없는 경우, 기존의 전방포크서스펜션이 장착된 경우 그리고 제안된 핸들서스펜션이 장착된 경우 등 3가지 서스펜션 종류에 대해 인체모델을 이용한 주행시뮬레이션을 수행하여 각각의 완충성능을 비교평가 하였다. 시뮬레이션 결과 제안된 핸들 서스펜션의 경우 손과 머리에 전달된 가속도가 기존의 전방포크서스펜션이 장착된 경우보다 크게 측정되었지만 서스펜션이 없는 자전거의 경우보다는 현저히 작게 측정되었다. 이 같은 결과는 제안된 핸들 서스펜션이 상당한 완충성능을 보여주었으며 이는 경량화가 중요한 소형자전거에 적용이 가능할 것으로 보인다.

Abstract: In this study, a front suspension system, which is mounted on the handle itself, was suggested because of its light weight and cost efficiency. The shock absorption was evaluated for the three types of suspension models; non-suspension, suspension on front forks (existing model), and suspension on handle (suggested model). The human body model was used for performing impact simulation for comparing the shock absorption for the suspension models. The result of the simulation shows that shock absorption for the proposed suspension model was not as good as that for the front fork suspension model. Nevertheless, the shock absorption observed for the proposed suspension model was significant when compared to the non-suspension model. Consequently, the proposed suspension model could be applied to lightweight bicycles.

- 기호설명 -

- Type1 : 서스펜션이 없는 자전거
- Type2 : 전방포크서스펜션이 장착된 자전거
- Type3 : 본 연구에서 제안된 핸들 서스펜션이 장착된 자전거 모델

1. 서 론

건강 증진과 환경보호라는 유익한 점이 부각되

면서 자전거 이용이 늘어나고 있다. 유가 상승과 심각한 주차난은 자동차 이용자가 자전거 이용에 눈을 돌리는 계기가 되고 있다. 또한 버스나 기차 등 기존의 대중교통 시스템도 자전거 이용을 배려하기 위해 자전거 거치시설을 탑재하고 있어 향후 교통수단으로서 자전거의 역할이 커질 것으로 기대된다. 이에 따라 이동과 보관이 편리하도록 크기 및 중량을 줄인 소형 접이자전거의 수요가 크게 증가할 것으로 예상되고 있다.

자전거 주행이 다른 교통수단과 다른 특징은 운전자와 상호작용이 크다는 점이다. 자전거는 온전히 운전자의 힘으로 움직여지기 때문에 자전거와 운전자는 페달 토크의 크기, 주행방향, 좌우 기울어짐, 핸들링 힘과 토크, 운전자의 자세 등

§ 이 논문은 대한기계학회 2009년도 추계학술대회 (2009. 11. 4.-6., 용평리조트) 발표논문임

† Corresponding Author. freegore@kitech.re.kr

복잡한 상호 영향을 주고받는다.⁽¹⁾ 그러나 차량으로부터 인체, 특히 머리에 전달되는 진동은 불쾌한 승차감을 유발하거나 건강에 유해할 수 있으며 탑승자의 피로, 시계의 곤란, 운전 방해 등을 야기할 수 있다.⁽²⁾ 산악용 자전거는 전후방 서스펜션이 장착되어 노면의 충격을 상당히 감쇄시켜 준다.⁽³⁾ 그러나 소형자전거, 여성용 자전거 등 도시에서 주로 이용하는 자전거에는 완충장치가 장착되는 경우가 드물다. 비록 도심지역이라도 인도의 턱이나 고르지 못한 노면 등 상당한 충격이 인체에 전달되기 때문에 도시에서 이용될 소형자전거에도 완충기능은 필요하다.⁽⁴⁾

서스펜션은 전방에 우선적으로 장착되는데 주행 중 불규칙한 노면으로부터 앞바퀴에 가해지는 충격이 크기 때문이다. 현재 주로 이용되는 완충장치는 전방포크완충장치(front forks suspension system)로서 완충성능은 좋지만 서스펜션을 장착함에 따라 자전거의 무게상승, 가격상승 등 단점이 수반 된다. 특히 경량화가 중요한 소형자전거에서 기존의 전방포크완충장치의 장착은 자전거의 무게상승을 유발하고 이동성과 보관성을 저해한다. 이 때문에 소형자전거를 위한 단순하고 가벼운 완충장치의 개발이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 소형자전거에서 완충기능을 할 수 있는 보다 간단한 메커니즘을 고안하고 기존의 전방포크완충방식과 성능을 비교평가해 보고자 한다. 완충 성능의 비교 방법은 자전거와 인체모델을 이용하여 충격 상황을 시뮬레이션하고 손, 머리 등 인체의 부위에서 발생하는 충격을 비교하였다.

2. 연구방법

2.1 소형자전거를 위한 완충장치 제안

본 연구에서 제시된 소형자전거를 위한 전방완충장치는 Fig. 1과 같이 핸들에 4절 링크구조를 이루어 충격에 대응하는 구조로서 기존의 전방포크 서스펜션에 비해 가볍게 제작이 가능한 것이 장점이다.

2.2 서스펜션 모델

세 가지 완충장치 모델에 대해 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 하였다. Fig. 2에서 첫 번째 Type1은 완충기능이 없는 모델이며 두 번째 Type2는 기존의 전방포크완충기능을 갖는 모델이

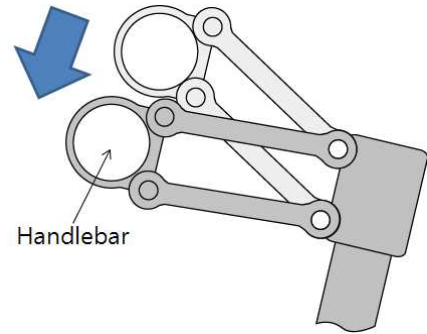


Fig. 1 Suggested handle suspension system

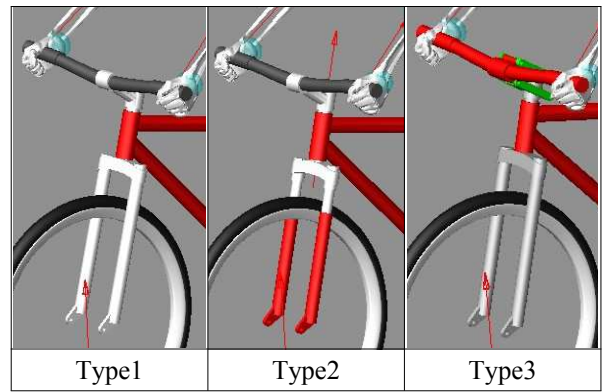


Fig. 2 Three types of suspension models; non suspension(Type1), suspension on fork (Type2), suspension on handle(Type3)

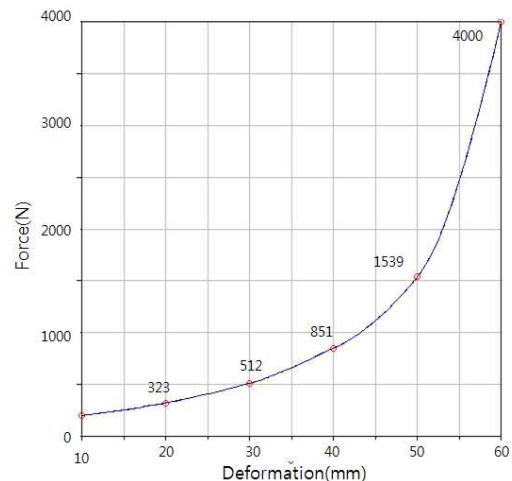


Fig. 3 Characteristics of suspension

다. 마지막으로 Type3는 핸들바(handle bar)에 완충기능이 장착된 모델이며 본 연구에서 제안하는 모델이다. 시뮬레이션 시 기존의 Type2와 Type3의 압축 특성을 일치시키기 위해 압축변위(deformation)에 대한 반발력(force)을 Fig. 3과 같이 동일하게 적용하였다.

2.3 인체모델

자전거에 탑승할 인체모델 생성은 자동차 업체에서 널리 사용되는 MSC.ADAMS Plug-in 제품인 가상인체 모델러 Life MOD(Lifemodeler Inc., 미국)를 이용하였다. 인체모델은 19개의 분절과 18개의 관절로 구성되고, 172cm, 70kg의 남성 모델을 이용하였다. 관절 생성 시 관절의 특성은 차량 충돌시험 시에 사용되는 인체더미인 'Hybrid III crash dummy'의 관절 강도 특성을 사용하였다. 인체모델은 자전거의 주행 자세를 취하도록 한 후 핸들, 페달, 안장에서 자전거와 부싱(bushing)을 이용하여 구축하였다.

2.4 시뮬레이션 수행

자전거 주행 시 발생하는 충격을 정의하기 위해 5cm 높이의 턱(raised spot)을 가정하였다. 이는 자전거 전용도로에서 흔히 나타나는 단차에 해당한다. 자전거의 휠 사이즈는 일반 자전거에 주로 장착되는 26인치를 사용하여 전방 완충장치가 없는 형태(Type1), 기존의 전방 완충장치가 없는 형태(Type2) 그리고 본 연구에서 고안한 핸들 완충장치(Type3)에 대해 각각 시뮬레이션을 수행하였다. 시뮬레이션 시 자전거 주행속도는 저속 주행을 감안하여 10km/h의 속도를 적용하였다. 즉, 5cm의 턱이 10km/h의 속도로 자전거에 접근하여 바퀴와 충돌할 때 자전거와 인체모델의 변화를 예측하는 시뮬레이션을 수행하였다.

3. 결과

시뮬레이션 결과 손의 가속도, 머리의 가속도, 손목관절에 가해진 힘, 어깨관절에 가해진 힘을 측정하였다. 머리에 전가된 가속도는 탑승자의 시계관, 운전방해 등 주행에 영향을 미치는 요소로 충격량의 상대비교에 의미가 있는 기준이다. 아울러 손과 어깨는 핸들로부터 전달되는 충격의 전달경로로서 손에서의 가속도와 손목관절에 작용한 힘은 충격량을 반영한다.

머리의 가속도의 경우 Type1은 서스펜션이 없는 경우로서 약 38000mm/sec²을 보였다. Type2는 기존의 서스펜션으로서 약 12500mm/sec²을 보였다. Type3의 경우 약 18500mm/sec²를 보여 기존의 서스펜션(Type2)보다는 충격이 컸으나 서스펜션이 장착되지 않은 경우(Type1)에 비해서는 상

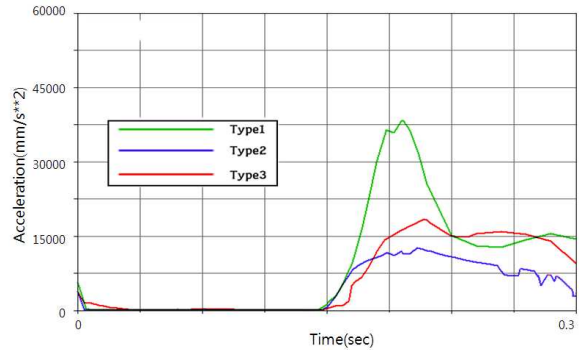


Fig. 4 Vertical acceleration on head

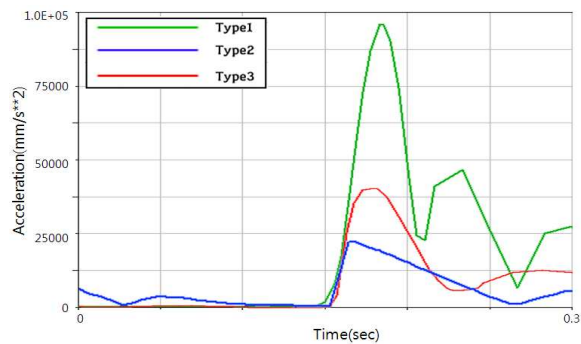


Fig. 5 Vertical acceleration on hand

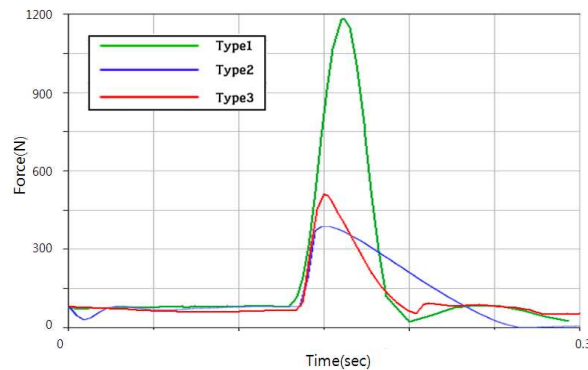


Fig. 6 Force of the wrist joint

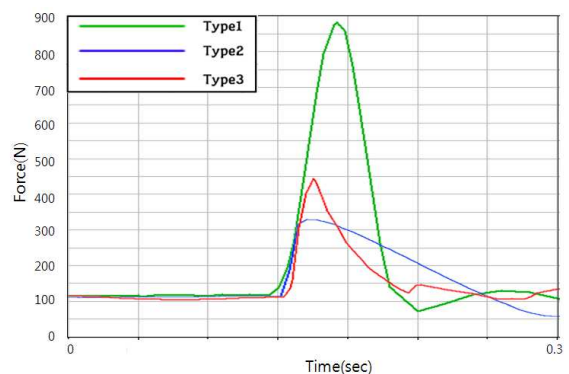


Fig. 7 Force of the shoulder

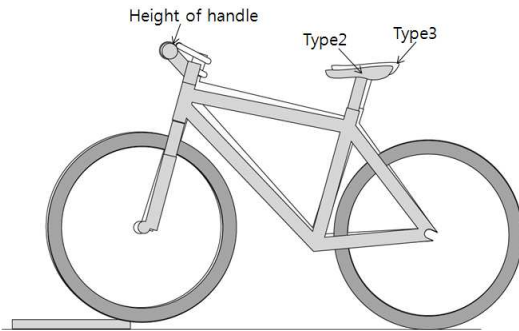


Fig. 8 Comparison type2 and type3 when shock absorbing

당부분 충격이 흡수됨을 알 수 있었다[Fig. 4].

손의 가속도도 같은 결과가 나타났다. Type1은 90000mm/sec^2 을 보인 반면 Type2는 22000mm/sec^2 으로 상당히 감소되었다. Type3는 38000mm/sec^2 으로 Type1에 비해 절반 이하로 감소된 것을 볼 수 있다[Fig. 5].

이 같은 결과는 손목관절과 어깨관절에 전달된 힘(force)과 비교해도 같은 결과를 보인다. Fig. 6과 Fig. 7은 손목과 어깨 관절에서 측정된 힘을 비교하는 그래프로서 Type1에서 매우 높게 측정되었고 Type2, Type3에서는 상당히 감소된 수치를 보였다.

Type2와 Type3의 서스펜션 형태에 따라 완충기능이 다른 것은 서스펜션 장착위치의 차이로 인한 것으로 보인다. Fig. 8을 보면 완충을 위해 서스펜션 변형이 일어났을 때 Type2와 Type3의 핸들바(handlebar) 높이는 유사함을 알 수 있다. 그러나 안장을 비롯한 프레임의 높이는 다르다. 즉 Type2는 전방포크에서 압축변형이 발생하기 때문에 충격이 핸들과 프레임에 도달하기 까지 상당한 완충작용을 한다. 그러나 type3은 핸들에서 완충이 일어나기 때문에 프레임까지 충격이 직접적으로 전달된다. 이는 안장과 페달 등 핸들 이외의 다른 신체 접촉부위에 충격을 전달할 수 있음을 의미한다.

Type3이 Type2에 비해 충격량이 크에도 불구하고 완충장치가 없는 Type1에 비해서는 충격량이 절반이하로 작기 때문에 상당한 완충성능을 가지는 것을 알 수 있다.

4. 결 론

자전거는 자동차와 달리 노면의 변화를 빠르게

인체에 전달하게 된다. 사용자는 이러한 특성 때문에 자전거와 일체화 되는 듯 한 느낌을 받고 주행자체를 즐길 수 있다. 그러나 원하지 않은 충격은 인체의 관절과 근육에 부하를 주고 승차감 저하와 피로감을 불러일으키는 원인이 되기도 한다. 본 연구에서는 소형 자전거에 적용 될 수 있는 핸들 서스펜션을 고안하여 기존의 서스펜션과 비교평가를 하였다. 가상 인체모델을 이용한 충격 시뮬레이션에서 머리, 손 및 관절에 가해진 충격량은 기존 서스펜션일 때 보다 컸지만 서스펜션이 없는 경우보다는 현저하게 작게 측정되어 상당한 완충기능을 보였다. 이는 실제 제작을 통해 보다 실질적인 실험을 할 수 있는 가능성을 제시한다. 본 연구에서 제안된 서스펜션 구조는 가볍고 저렴하게 제작할 수 있어 향후 수요가 증가하고 있는 소형 접이자전거에 적용이 가능할 것으로 보인다.

참고문헌

- (1) Song, J.K, Shin, J.C. and Lee, C.W., 2002, "Experimental Analysis of Tilt Stability in Bicycling," *Proceedings of the KSNVE Annual spring conference*, pp.604-609.
- (2) Park Y.H. and Cheung W.S., 2001, "Experimental Investigation on the Transmission of Seat Vibration to the Head for Korean Seated Postures," *Proceedings of the KSNVE 10th Anniversary conference*, pp.138-143.
- (3) Pritlove, J., Reid, M. J., Lee, A. and D. G. E., Robertson, 1997, "Comparison of Suspension and Non-Suspension Front Forks on Mountain Bikes," *Proc. of NACOB III*.
- (4) Chung, K. R., Hyeong, J. H. and Kim, S. Y., 2009, "The Study on the Influences of Vibration Associated with Cycling on the Human Body" *KSNVE Annual spring conference*, pp.643-646.
- (5) Myeong, S. S., 2009, "Human Vibration Characteristics Analyze Using Virtual Human Model and Vehicle Dynamics," *Proceedings of the KSNVE Annual spring conference*, pp.234-236.
- (6) Woo, C.K., Cheung, W.C., Kim, S.H. and Kwak, Y.K., 1996, "Survey on the Vibration Trasfer Characeristics of the Human Body Vibration Medels," *Proceedings of the KSNVE Annual spring Conference*, pp.29-33.